A DINÂMICA DA PRECIPITAÇÃO EM SÃO LUÍS - MA: 1993 A 2002

Rogério Luís Pereira MAFRA [1]
Ediléa Dutra PEREIRA [2]

RESUMO

Analisa-se as variações mensais e diárias dos elementos climáticos associados à circulação regional, de modo a revelar a gênese dos fenômenos. Pelos deslocamentos da CIT (Convergência Intertropical), pode-se compreender o comportamento pluviométrico de São Luís – MA. Para tanto, utilizou-se a concepção da dinâmica climática de Sorre (1951), juntamente com a análise rítmica de Monteiro (1971), o que permitiu a individualização dos anos de 1994, 1996 e 1997, como representativos dos anos-padrão: chuvoso, habitual e seco. O ano de 1997, considerado seco, apresentou como principal característica uma grande deficiência hídrica (jun a dez), determinada por um curto período de atuação da CIT, associados à ocorrência do fenômeno ENOS (El Niño/Oscilação Sul). O ano de 1996 apresentou uma boa distribuição anual das chuvas, com um período de estiagem de quatro meses (set a dez). Já o ano de 1994, chuvoso, apresentou um tempo atuação da CIT semelhante a 1996, porém com chuvas de maior intensidade e freqüência. O comportamento pluviométrico de São Luís – MA se revelou bastante complexo, apresentando grandes variações em termos anuais, mensais e diários, orientados pela atuação CIT.

INTRODUÇÃO

O clima é um importante condicionador da dinâmica ambiental, pois influencia diretamente processos físicos (como modificações no relevo) e biológicos (como a distribuição das espécies vegetais na superfície terrestre), além da sociedade e suas diversas atividades, sendo, portanto, a variável de "mais difícil controle, manejo e gerenciamento num país de características tropicais como a do território brasileiro" (SANT'ANNA NETO, 1993, p.186).

Pesquisas recentes têm despertado para as excepcionalidades climáticas, como a sucessão de anos secos e chuvosos, e seus reflexos no espaço (SANT'ANNA NETO, 1998; MONTEIRO, 1999; BOIN; ZAVATTINI; MENDES, 2002; BRIGATTI et al, 2002). Para a compreensão dos mecanismos de funcionamento do tempo e clima, e os impactos decorrentes, é necessário considerar o clima em sua sucessão habitual, levando em consideração os valores excepcionais (SORRE, 1951; MONTEIRO, 1971), pois estes têm sido notados através de inundações, congestionamentos, erosão de solos em áreas de encostas, surgimento e aumento de focos de diversas doenças, problemas de abastecimento d'água, dentre outros.

Estudos climáticos sobre São Luís vêm sendo realizados nos últimos anos, através de análises regionais e episódicas, buscando caracterizar o comportamento do tempo e do clima, destacando-se Pereira e Araújo (2001); Araújo e Sant'anna Neto (2002); Araújo, Sant'anna Neto e Mafra (2002); Araújo e Mafra (2002); Mafra (2004). Contudo, reconhece-se a necessidade de cada vez mais ampliar, corrigir e melhorar os conhecimentos climatológicos, tanto do território brasileiro, de maneira geral, como do maranhense, em particular.

[1] Universidade Estadual do Maranhão, Mestrando em Agroecologia, rogerio_mafra@yahoo.com.br.
[2] Universidade Federal do Maranhão, Profa. Mestre, edileak@yahoo.com.br

Contribuindo para o entendimento da dinâmica da precipitação em São Luís, este trabalho visa fornecer subsídios para um planejamento sócio-ambiental, além de ser fundamental para a tomada de medidas que minimizem os impactos dos eventos excepcionais na população ludovicense.

MÉTODOS e TÉCNICAS

O município de São Luís localiza-se ao norte do Estado do Maranhão, na Ilha homônima ao estado, estando situada no setor oeste da Ilha do Maranhão (Figura 1) entre as coordenadas de 02º 28' 12" e 02º 48' 12" de latitude Sul e 44º 10' 18" e 44º 35' 37" de longitude Oeste.

Para a compreensão da dinâmica da precipitação em São Luís, utilizou-se a concepção climática criada por Sorre (1951), juntamente com a contribuição de Monteiro (1971), trabalhando na perspectiva do ritmo climático, analisando as variações mensais e diárias dos elementos climáticos associados à circulação regional, de modo a revelar a gênese dos fenômenos climáticos.

Na utilização da técnica da análise rítmica, foi necessário o levantamento de dados climatológicos diários (1993-2002) junto ao Departamento de Meteorologia da Aeronáutica do Aeroporto Mal. Cunha Machado (Tirirical), contendo informações dos elementos temperatura do ar, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade dos ventos, precipitação. Os dados foram trabalhados estatística e graficamente com o programa EXCEL.

A análise rítmica, que se caracteriza pela representação contínua e simultânea, em escala diária, dos elementos climáticos, produz um grande volume de dados, o que acaba inviabilizando uma série muito longa. Nesse sentido, Monteiro (1971) enfatiza a necessidade da utilização de anos-padrão, representativos das condições habitual e excepcionalmente seco e chuvoso.

É importante ressaltar que este autor destaca a não-utilização dos totais anuais de precipitação como parâmetro de escolha dos anos-padrão, devendo-se priorizar o "modo de distribuição sobre os valores quantitativos isolados" (MONTEIRO, 1971, p. 11).

Desta forma, para a escolha dos anos-padrão do período em análise (1993-2002), utilizou-se a metodologia aplicada por Tavares (1976). Complementando esta análise, considerando que a parte setentrional da Região Nordeste não apresenta as estações climáticas bem definidas em virtude de estar próxima à Linha do Equador, adotou-se as seguintes premissas: os meses com precipitação inferior a 30mm, apresentando mais de 85% dos dias sem chuva, seriam considerados secos. Deste modo, um ano que apresentasse uma freqüência muito alta de meses com essas características se configuraria como um *ano seco*. Por outro lado, uma baixa freqüência de meses com essas características, constituindo uma melhor distribuição anual da precipitação, configuraria o *ano chuvoso*. Os anos que não apresentassem essas situações extremas seriam considerados *habituais*. Complementando a escolha dos anos-padrão, tem-se a *quantidade anual de dias de chuva* como um indicativo sobre a distribuição da precipitação ao longo do ano.

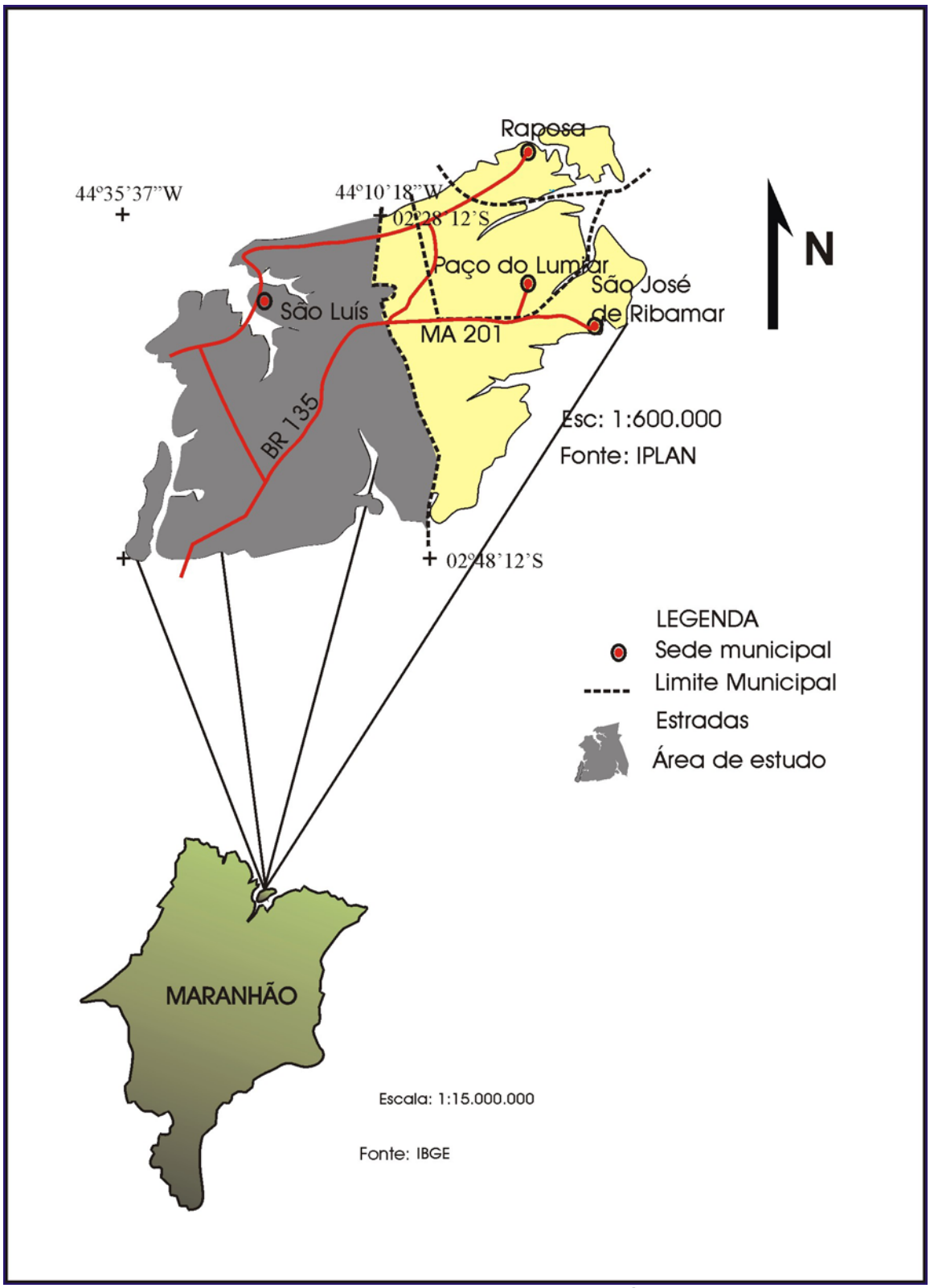


Figura 1 – Mapa de Localização de São Luís – MA

Após essa análise, foram considerados como **anos chuvosos** 1994, 1995, 1999 e 2000; **anos secos** 1997, 2001 e 2002; **anos habituais** 1993, 1996 e 1998. Os anos-padrão escolhidos para a análise rítmica foram 1994, 1996 e 1997, (chuvoso, habitual e seco, respectivamente).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

O estudo da dinâmica climática de São Luís – MA está inserido na escala regional, que é delimitada horizontalmente entre 150 a 2500 Km e verticalmente abaixo da troposfera (RIBEIRO, 1993). Pédelaborde (1970) indica que esta escala é a que mais deve interessar aos estudos geográficos pois, na análise dos fenômenos, é a mais próxima da realidade concreta, sendo que o clima zonal representa, de fato, uma concepção muito ampla e faz uma abstração da circulação celular, isto é, de uma realidade fundamental. E o clima local é uma singularidade, um fato acidental que esconde as causas profundas. Não se quer dizer que o clima local não tenha nenhum interesse geográfico, contudo, o estudo do clima regional deve ser primeiramente conduzido.

Desta forma, busca-se o entendimento da dinâmica das chuvas e dos sistemas atmosféricos atuantes. Sendo assim, é necessário tecer considerações sobre a circulação regional atuante em São Luís que fornece informações importantes para o entendimento da dinâmica climática.

Circulação Atmosférica Regional

Os estudos climáticos relativos ao Maranhão se inserem numa abordagem mais ampla, sendo aplicada às regiões Nordeste e Norte. Desta forma, estes estudos reportam à área de atuação dos alísios de nordeste, decorrentes da massa de ar Equatorial Norte, originada pelo anticiclone dos Açores (NIMER, 1979), influenciada pelas massas de ar Equatorial Atlântica e Equatorial Continental (Figura 2).

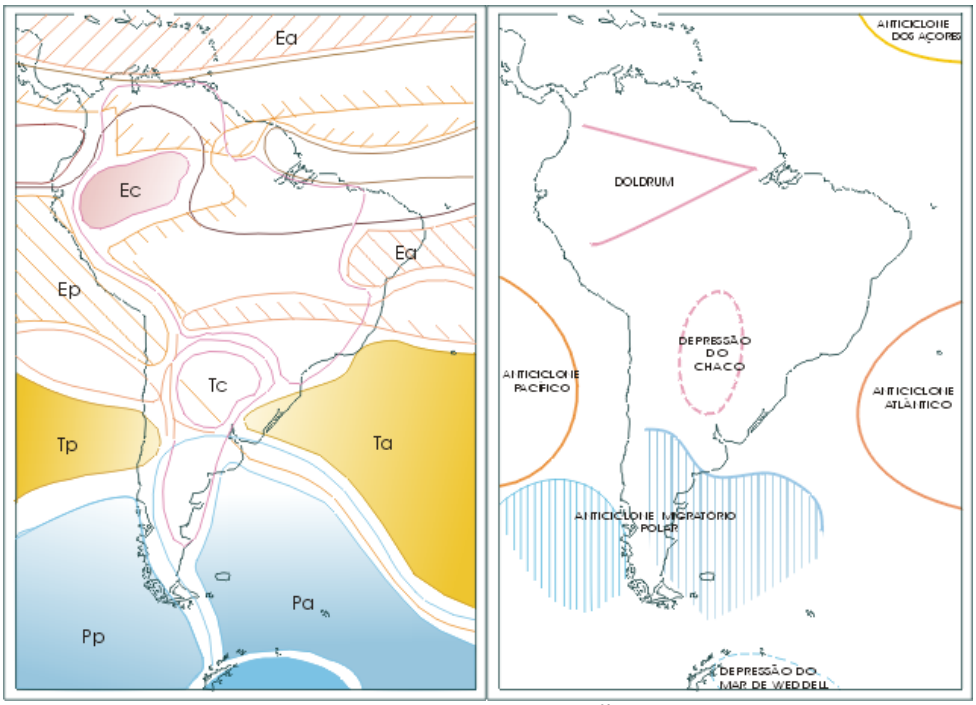


Figura 2 – As massas de ar e os centros de ação. Fonte: Monteiro (2000).

As características de São Luís, devido à sua localização próxima ao Equador, a exposição frontal às massas de ar do Atlântico e a configuração morfológica com baixas altitudes, não configurando barreiras às correntes de ar, favorece o deslocamento das massas de ar em direção ao sul.

Segundo Lopes (1970), o anticiclone do Açores, responsável pelos alísios de nordeste, é o centro dispersor de massas de ar que mais interfere na dinâmica atmosférica regional, provocando, pela queda de pressão, o deslocamento do equador térmico, para onde convergem os alísios, em direção ao sul.

A Zona Equatorial apresenta elevadas temperaturas, criando uma região de baixa pressão para onde convergem os ventos alísios (Figura 3). Do confronto entre os alísios de nordeste (que tem sua origem no anticiclone dos Açores) e de sudeste (Massa Equatorial Atlântica), resulta uma descontinuidade térmica denominada Convergência Intertropical (CIT). Essa zona, segundo Nimer (1979), migra dentre os dois hemisférios, condicionada pelo movimento geral do sol na eclíptica.

Desta forma, de julho a dezembro, essa depressão barométrica se encontra no hemisfério norte, alcançando sua posição mais setentrional em setembro. De janeiro a junho, o hemisfério norte se encontra mais frio que o sul, provocando o "deslocamento do anel pluvioso de nuvens do equador térmico" em direção ao sul (LOPES, 1970, p. 45), alcançando sua posição mais meridional em março.

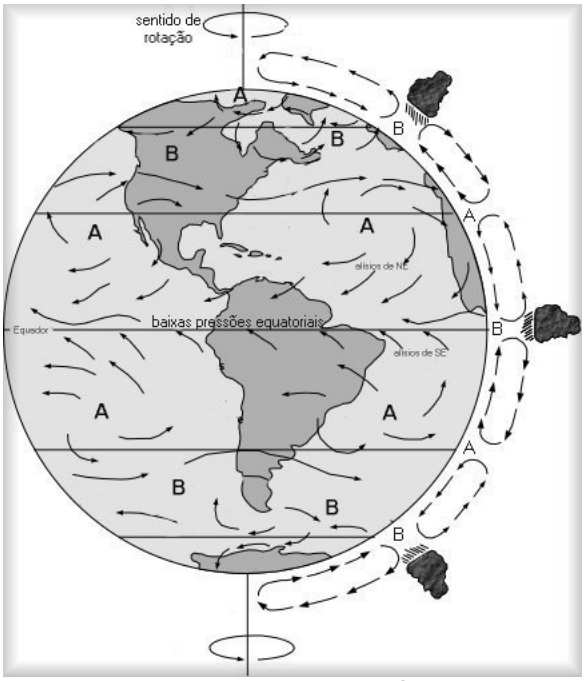


Figura 3 – Circulação Atmosférica Global

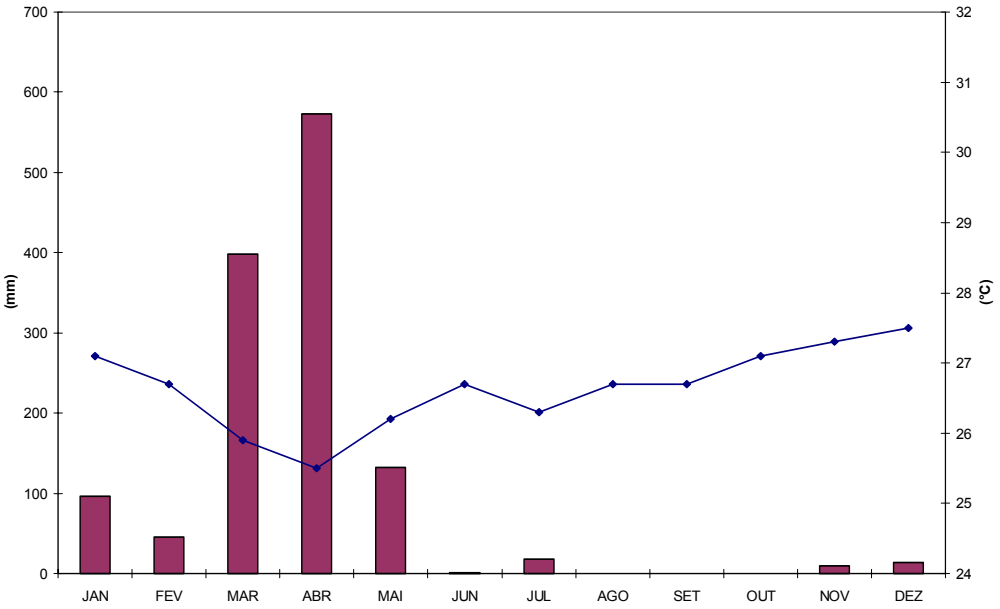
A Convergência Intertropical (CIT) se caracteriza por ser uma região de calmarias, constante nebulosidade e precipitações freqüentes (convectivas) devido às correntes de ar ascendente no seu interior (NIMER, 1979).

Pelos deslocamentos da CIT, pode-se compreender a dinâmica climática de São Luís. Em janeiro, inicia-se o deslocamento meridional da CIT, passando por São Luís entre fevereiro e abril, trazendo consigo uma maior incidência de calmarias, um aumento da nebulosidade e altos índices de precipitação pluviométrica. Em julho tem início o retorno da CIT para o hemisfério setentrional, diminuindo a nebulosidade e a precipitação, havendo um aumento da insolação (FEITOSA, 1989), caracterizando o período seco.

Ano Padrão 1997 – Excepcionalmente Seco

A análise do ano excepcionalmente seco é feita com base no Gráfico 1. O ano de 1997 se inicia com chuvas escassas. Nos dois primeiros meses do ano, os totais mensais foram de 96mm em janeiro e 45,3mm em fevereiro. Há um predomínio de máximas diárias de chuva inferiores a 10mm, ocorrendo apenas cinco eventos superiores a este total, sendo somente um superior a 30mm (MAFRA, 2004). Nos meses de março e abril há um aumento significativo da precipitação, correspondendo a cerca de 75% da precipitação total desse ano, com uma maior ocorrência de eventos chuvosos superiores a 30mm. A partir da segunda quinzena de maio cessam as chuvas, dando início a uma longa estiagem (sete meses secos), havendo apenas dez dias de ocorrência de chuvas nesse período.

Percebe-se que as chuvas contribuem para amenizar as temperaturas (gráfico 1), sendo as menores temperaturas encontradas no auge do período chuvoso, com posterior ascensão no período de estiagem.



VENTOS	NE	NE	NE	CAL	CAL	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
VENTOS X CHUVA	NE	NE	CAL	CAL	CAL	NE	NE	–	–	–	NE	NE

Gráfico 1 – Ano excepcionalmente seco – 1997

Em relação à participação mensal dos ventos em 1997, percebe-se o predomínio dos ventos de NE, sendo que apenas em abril e maio predominaram as calmarias. Na análise da relação precipitação e ventos, há o predomínio das calmarias durante os eventos chuvosos nos meses de março a maio.

É importante, ainda, considerar a densidade da chuva através do índice de concentração das chuvas, conforme Monteiro (2000). Quanto maior for o índice, maior a concentração, quanto menor o índice, maior a dispersão. Com base na tabela 1, percebe-se uma concentração maior nos meses de março e abril, com índices de 17,6 e 23,9, respectivamente. A partir desses meses, o índice diminui significativamente, caracterizando uma maior dispersão.

Tabela 1: Densidade das chuvas mensais em São Luís – MA, ano de 1997

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Total de dias com chuva	10	09	17	24	14	01	03	–	–	–	03	03
Densidade da chuva	9,6	5,0	17,6	23,9	9,4	0,6	6,0	–	–	–	3,1	4,5

Fonte: Mafra (2004)

A principal característica do ano de 1997 foi a deficiência hídrica revelada por uma longa estiagem (junho a dezembro). Percebe-se uma significativa diminuição quantitativa das chuvas se comparado aos anos de 1994 e 1996 (chuvoso e habitual, respectivamente), evidenciado pelo retardamento no início das chuvas e acentuado período seco.

O curto período de chuvas e sua ocorrência associada às calmarias, a distribuição da nebulosidade, analisada por Mafra (2004), podem ser um indicativo do período de controle da CIT (Convergência Intertropical) sobre São Luís nesse ano. Este curto período de atuação da CIT pode ser atribuído possivelmente à ocorrência do fenômeno ENOS (El

Niño/Oscilação Sul) que, segundo o CPTEC/INPE (2004), no presente ano se apresentou com uma intensidade forte.

Ano Padrão 1994 – Excepcionalmente Chuvoso

Na análise do ano excepcionalmente chuvoso, tendo por base o Gráfico 2, percebe-se que as chuvas marcam o ano de 1994, apresentando apenas um curto período seco de três meses. Desde janeiro se tem um grande volume de precipitação, com pico em março, havendo ocorrência até agosto, porém com menor intensidade e quantidade. O período seco é demarcado pelos meses de setembro, outubro e novembro.

Há uma concentração maior das chuvas de janeiro a maio (Tabela 2), com maior duração do fenômeno pluvial no mês de março, apresentando 30 dias de ocorrência de chuvas (97% dos dias), eventos com mais de 30mm, além da máxima de 125,6mm dia 05/03/94, que teve grandes impactos em São Luís com alagamentos, inundações, desabamentos, erosão, principalmente nas áreas periféricas (MAFRA, 2004).

O comportamento térmico está diretamente relacionado às chuvas, pois as menores temperaturas coincidem com o período chuvoso (primeiro semestre) e, as maiores, com o período seco (segundo semestre).

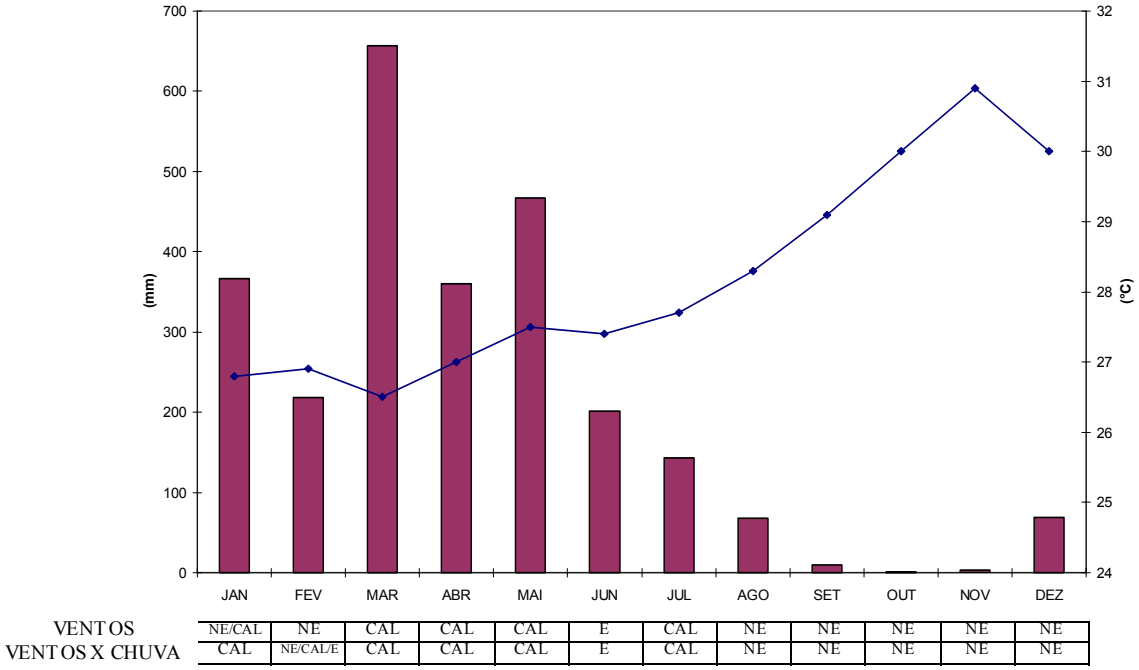


Gráfico 2 – Ano excepcionalmente chuvoso – 1994

Tabela 2: Densidade das chuvas mensais em São Luís – MA, ano de 1994

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Total de dias com chuva	19	19	30	25	24	22	15	06	04	02	01	08
Densidade da chuva	19,3	11,5	21,9	14,4	19,5	9,1	9,5	11,4	2,5	0,6	3,0	8,6

Fonte: Mafra (2004)

Considerando a participação mensal dos ventos em 1994, percebe-se, no primeiro semestre, a predominância de calmarias. Já no segundo semestre, predominam os ventos de NE. Contudo, analisando a relação entre precipitação e ventos, observa-se que as chuvas estão relacionadas às calmarias.

A grande ocorrência de calmarias e a precipitação associada à ela, além da nebulosidade (MAFRA, 2004), são indicativos do controle do tempo meteorológico de São Luís pela CIT (Convergência Intertropical). Além disso, a magnitude da chuvas está, possivelmente, associada à ocorrência do fenômeno La Niña.

Ano Padrão 1996 – Habitual

Na análise do ano 1996, considerado habitual, através do Gráfico 3, percebe-se uma boa distribuição anual das chuvas de janeiro a julho, diminuindo consideravelmente a partir de agosto, marcando o período seco (setembro a dezembro). A maior concentração das chuvas ocorre no trimestre março, abril e maio (Tabela 3), apresentando 90% dos dias de chuva em março, 80% em abril e 74% em maio, havendo o predomínio de eventos menores que 20mm (MAFRA, 2004).

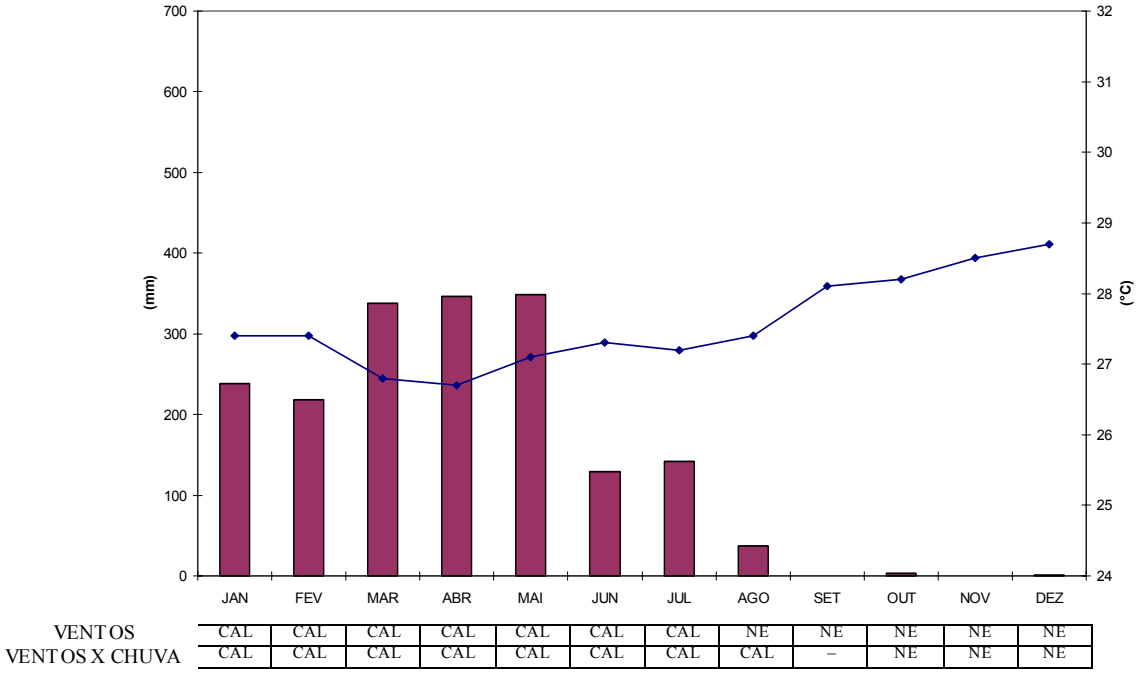


Gráfico 3 – Ano habitual – 1996

Tabela 3: Densidade das chuvas mensais em São Luís – MA, ano de 1996

	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
Total de dias com chuva	19	20	28	24	23	16	14	08	–	02	01	01
Densidade da chuva	12,5	10,9	12,0	14,4	15,1	8,0	10,1	4,6	–	1,4	0,2	1,2

Fonte: Mafra (2004)

Assim como os anos de 1994 e 1997 (excepcionais), o ano de 1996 mostra uma relação entre precipitação e temperatura, onde as mais baixas temperaturas ocorreram no primeiro semestre (chuvas) e as mais elevadas, no segundo semestre (estiagem).

De janeiro a julho predominam as calmarias e, a partir de agosto, há um predomínio dos ventos de NE até o final do ano. Além disso, no período de ocorrência de chuvas, estas estão relacionadas predominantemente às calmarias, o que indica o controle do tempo atmosférico de São Luís pela CIT (Convergência Intertropical) no primeiro semestre.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A dinâmica climática de São Luís se revelou bastante complexa apresentando uma variedade pluviométrica em termos anuais, mensais e diários, orientada pelo tempo de permanência da Convergência Intertropical e pela influência dos fenômenos ENOS (El Niño/Oscilação Sul) e La Niña, no período analisado, sendo caracterizado os anos padrão seco, chuvoso e habitual.

O ano de 1997, caracterizado como seco, apresentou um total anual de 1286,2 mm de chuvas, concentradas em dois meses (março e abril respondem por cerca de 75% do total anual), seguidos de sete meses secos (junho a dezembro), provocando problemas no abastecimento de água em São Luís. O período de chuvas evidencia a atuação da CIT no controle do tempo de São Luís, pois este é o principal mecanismo responsável pelas chuvas na área em estudo. A curta atuação da CIT pode ser decorrente do fenômeno ENOS (El Niño/Oscilação Sul) que, no referido ano, ocorreu com alta intensidade.

O ano de 1994 apresentou um longo período de chuvas, com alta freqüência de episódios superiores a 30mm, repercutindo negativamente em São Luís através de inundações, erosões, desabamentos. A configuração dos elementos atmosféricos sugerem um longo período de atuação da CIT, até o mês de julho, a partir do qual ocorre um deslocamento para o hemisfério setentrional. Além disso, a magnitude dos eventos chuvosos, superiores aos ocorridos em 1996, podem ser associados à ocorrência do fenômeno La Niña.

O ano habitual de 1996 dá indicativos da atuação da CIT, marcante de janeiro a junho. A principal característica da precipitação neste ano são os episódios com baixa magnitude (< 20mm) e a sua boa distribuição mensal.

Reconhecendo a importância de se incorporar a dimensão social na análise geográfica do clima, Mafra (2004) analisou a repercussão dos eventos excepcionais na sociedade e no espaço ludovicense. Inundações, desabamentos, erosão, problemas no abastecimento d'água, dentre outros, revelam a frágil estrutura de algumas áreas do município de São Luís, o que mostra que esta problemática é acentuada por desigualdades sociais.

Deste modo, o conhecimento da dinâmica das chuvas fornece subsídios ao planejamento sócio-ambiental, fundamental para a tomada de medidas que visem o solucionamento de problemas da população e amenizem os impactos dos eventos excepcionais em São Luís, como:

Utilização dos estudos do meio físico de São Luís para um melhor planejamento físico-territorial, que controle ocupações desordenadas em áreas de risco ou protegidas por Lei;

Planejamento do sistema de drenagem com base nos anos excepcionalmente chuvosos, controlando o escoamento superficial, evitando as inundações;

Disciplinamento do uso do solo, evitando que novas áreas sejam impermeabilizadas comprometendo as áreas de recarga de aqüíferos;

Ampliação do sistema de abastecimento de água;

Incentivo a pesquisa geoambiental para o entendimento da dinâmica terrestre.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, R. R.; MAFRA, R. L. P. Influências da tipologia do uso do solo urbano no clima local em São Luís – Maranhão. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5, Curitiba. Anais... Curitiba: Média Curitibana, 2002. CD-ROM.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L. O processo de urbanização na produção clima urbano de São Luís – MA. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (Org.) O clima das cidades brasileiras. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p.21-41.

ARAÚJO, R. R.; SANT'ANNA NETO, J. L.; MAFRA, R. L. P. Aspectos climáticos do município de São Luís – Maranhão no período de 1961 a 1998. IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5, Curitiba. Anais... Curitiba: Média Curitibana, 2002. CD-ROM.

BOIN, M. N.; ZAVATTINI, J. A.; MENDES, I. A. Chuvas e erosões no oeste paulista: uma análise climatológica aplicada. Geografia, Rio Claro, v. 27, n. 1, p. 95-118, 2002.

BRIGATTI, N.; DAMASCENO, A.; GOULART, H. R.; SOUZA, C. G.; VALIO, D. A.; SANT'ANNA NETO, J. L. Análise da variabilidade das chuvas no extremo oeste paulista (1971/1999). IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 5, Curitiba. Anais... Curitiba: Média Curitibana, 2002. CD-ROM.

CPTEC, Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos. Tabela El Niño. disponível em: <> acessado em 23/02/2004.

FEITOSA, A. C. Evolução morfogenética do litoral norte da Ilha do Maranhão. Dissertação (Mestrado em Geografia). Rio Claro: IGCE/UNESP, 1989.

LOPES, R. Uma região tropical. Rio de Janeiro: Ed. Fon-Fon e Seleta, 1970.

MAFRA, R. L. P. A dinâmica climática de São Luís – MA: 1993 a 2002. Monografia (Licenciatura em Geografia). São Luís: UFMA, 2004.

MONTEIRO, C. A. de F. Análise rítmica em climatologia: problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: IGEOG/USP, 1971. (série climatologia, 1).

_____. O estudo geográfico do clima. Florianópolis: Editora da UFSC, 1999. (cadernos geográficos, 1).

_____. A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo. Rio Claro: UNESP, 2000. (Cd-rom).

NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGE, 1979.

PÉDELABORDE, P. Introduction a l'étude scientifique du climat. Paris: sedes, 1970.

PEREIRA, E. D. & ARAÚJO, R. R. Caracterização climatológica da Ilha do Maranhão no período de 1961 a 1998. . IN: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 9, Recife. Anais... Recife: UFPE, 2001. p. 144-144.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro, Vol. 23, nº 45-46, p. 288-294, 1993.

SANT'ANNA NETO, J. L. Dinâmica atmosférica e tipologia das chuvas na zona costeira paulista. Boletim de Geografia Teorética. Rio Claro, Vol. 23, nº 45-46, p. 186-192, 1993.

_____. Clima e organização do espaço. Boletim de Geografia. Maringá, Vol. 1, nº 1, p. 119-131, 1998.

SORRE, M. Les fondements de la géographie humaine. Paris: Armand Colin, 1951.

TAVARES, A. C. Critérios de escolha de anos padrões para análise rítmica. Geografia. Rio Claro, nº 1, p. 79-87, 1976.